

(19)



(11)

EP 2 908 010 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.08.2015 Patentblatt 2015/34

(51) Int Cl.:
F04B 39/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15151804.0**

(22) Anmeldetag: **20.01.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **NEUMAN & ESSER GmbH & Co. KG**
52531 Übach-Palenberg (DE)

(72) Erfinder: **Hoff, Klaus**
52074 Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Mehler Achler**
Patentanwälte
Bahnhofstraße 67
65185 Wiesbaden (DE)

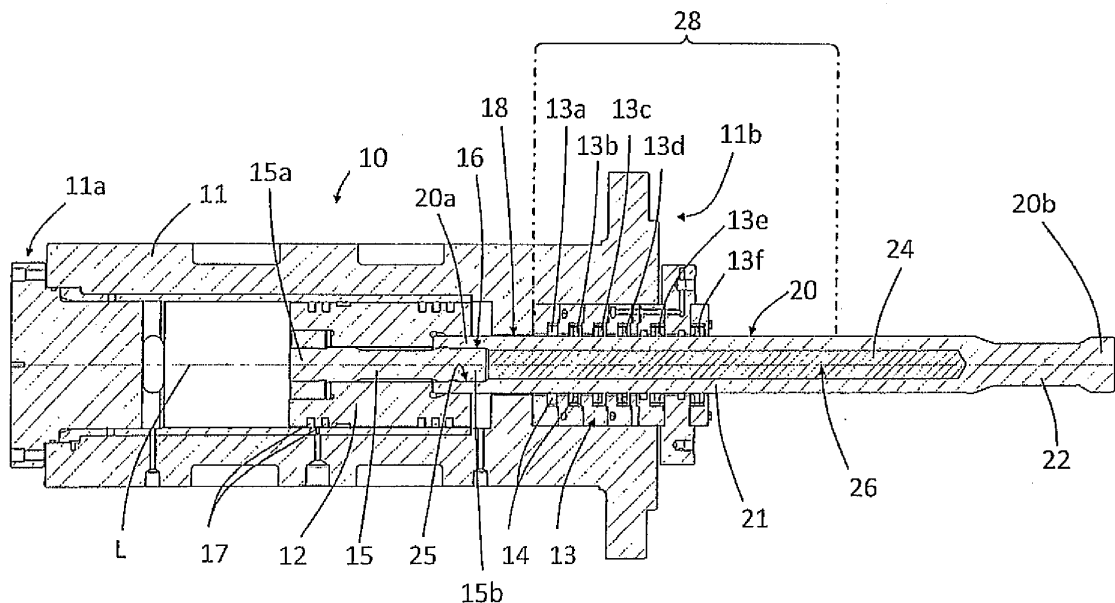
(30) Priorität: **28.01.2014 DE 102014201473**

(54) **Kolbenstange für Kolbenkompressoren und Kolbenkompressor**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kolbenstange (20) für Kolbenkompressoren (10), wobei die Kolbenstange (20) einen Grundkörper (21) mit einem kolbenzugewandten Ende, einem kolbenabgewandten Ende und mindestens einen Hohlraum (24) aufweist. Diese Kolbenstange (20) ist dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (24) mit einem Feststoff (26) gefüllt ist, dessen

spezifische Wärmeleitfähigkeit größer als die des Materials des Grundkörpers (21) ist.

Desweiteren betrifft die Erfindung einen Kolbenkompressor (10) mit einem Kolben (12) und einer ungeschmierten Kolbenstangendichtung (13), wobei der Kolben (12) mit einer Kolbenstange gemäß Anspruch 1 verbunden ist.



Figur 1

EP 2 908 010 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kolbenstange für Kolbenkompressoren, die einen Grundkörper mit einem kolbenzugewandten Ende, einem kolbenabgewandten Ende und mindestens einen Hohlraum aufweist. Ferner betrifft die Erfindung einen Kolbenkompressor mit einer solchen Kolbenstange.

[0002] Standardmäßig kommen für die Verdichtung von Flüssigkeiten oder Gasen Kompressoren und insbesondere Kolbenkompressoren zum Einsatz. Um die zwischen den beweglichen Bauteilen der Kompressoren auftretenden Reibungskräfte zu minimieren werden bevorzugt Kompressoren mit Ölschmierung eingesetzt. Diese Ölschmierung hat die Aufgabe an den Kolben- und Führungsringen und an den Dichtringen der Kolbenstangendichtung einen vorrangig hydrodynamischen tribologischen Kontakt zwischen den Gleitpartnern herzustellen. Durch diesen tribologischen Kontakt können sehr geringe Verschleißraten dieser Dichtelemente erzielt werden. Somit sind Standzeiten von geschmierten Maschinen von über 25000 Stunden ohne nennenswerten Verschleiß erreichbar.

[0003] Durch die Ölschmierung besteht jedoch die Gefahr, dass Schmiermittel in den zu verdichtenden Gasen oder Flüssigkeiten gelöst werden. Folglich sind die ölgeschmierten Kompressoren für sensible Medien, wie sie beispielsweise in der Lebensmittelindustrie oder im medizinischen Bereich verwendet werden, ungeeignet.

[0004] Um dieses Problem zu umgehen, werden Kolbenkompressoren vermehrt mit Kolbenstangendichtungen ohne Ölschmierung eingesetzt. Dies wurde durch die Entwicklung von Dichtelementen auf Kunststoffbasis möglich.

[0005] Derartige Dichtelemente werden beispielsweise in der DE 10 2006 015 327 B9 beschrieben. Als Materialien haben sich für Kolbenstangendichtringe hauptsächlich Kunststoffe, beispielsweise aus gefüllten Polymeren, durchgesetzt. Ein häufig verwendetes Polymermaterial ist beispielsweise Polytetrafluorethylen. In die PTFE-Matrix werden Feststoffe wie amorpher Kohlenstoff, Graphit, Glasfasern, Metalle, Keramik oder Festschmierstoffe eingebracht. Zur Erhöhung der Standzeit werden üblicherweise mehrere Kolbenstangendichtringe, mindestens zwei in axialer Richtung, hintereinander angeordnet und bilden einen Dichtelementsatz, der auch als Dichtungspackung bezeichnet wird.

[0006] Ohne die vorhandene Ölschmierung kommt es jedoch zu starken Veränderungen der tribologischen Eigenschaften an den Kontaktstellen der Gleitpartner. Aus dem hydrodynamischen tribologischen Kontakt wird ein tribochemischer Kontakt, der nur dann zu guten Gleitwerten und geringen Verschleißraten führt, wenn sich ein sogenannter Transferfilm ausbildet. Durch mechanische/physikalische Kräfte zwischen den Gleitpartnern kommt es hierbei zu strukturellen Veränderungen der Oberfläche der Gleitschicht. Dies können Oberflächenvergrößerungen, Verringerung von Teilchengrößen, Ent-

stehung frischer Oberflächen, Materialabrieb und teilweise auch Phasenumwandlungen sein, was allgemein unter den Begriffen tribochemischer Kontakt oder tribochemischer Prozess zusammengefasst wird. Dieser Transferfilm muss sich jedoch permanent durch weitere tribochemische Prozesse erneuern. Sobald sich ein stationärer Erneuerungsvorgang eingestellt hat, sind geringe Reibwerte und Verschleißraten möglich, welche aber nach wie vor deutlich über denen der ölgeschmierten Gleitpartner liegen. Üblicherweise können im Trockenlauf heutzutage nur ca. 8000 Betriebsstunden gewährleistet werden.

[0007] Durch die erhöhten Reibwerte der ölfreien Gleitpartner kommt es durch die Bewegung der Kolbenstange zu einer verstärkten Entwicklung von Reibwärme und damit zu einer erhöhten Temperatur an den Kontaktstellen.

[0008] Umfangreiche tribologische Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sich diese erhöhte Temperatur wiederum negativ auf die Verschleißraten der Gleitpartner auswirkt. Dies kann im schlimmsten Fall zu einem vorzeitigen Ausfall des Kompressors führen. Eine effektive Kühlung der Gleitpartner stellt somit ein Hauptproblem bei Trockenschmierungen dar.

[0009] An den Kolben- und Führungsringen ist eine Kühlung gut zu realisieren, da die Zylinderlaufbüchse und damit auch die Kontaktstelle zwischen Kolben und Zylinderlaufbüchse gekühlt werden kann, jedoch nicht bei einer Kolbenstangendichtung.

[0010] Die Dichtringe der Kolbenstangendichtung sind in der sogenannten Dichtungspackung, die auch als Stopfbuchse bezeichnet wird, angeordnet. Die Kammern der Dichtungspackungen werden üblicherweise mit Wasser gekühlt. Die Kühlung ist jedoch nicht sehr effektiv, da ein zwischen der Kontaktfläche und den Kammern befindliches Prozessgas einen guten Wärmedurchfluss verhindert.

[0011] Ein Großteil der eingebrachten Reibungswärme wird über die Wärmeleitung entlang der Kolbenstange von dem Bereich der Dichtungspackung in einen von der Dichtungspackung entfernten Bereich transportiert. Dort wird die Wärme schließlich durch die erzwungene Konvektion der bewegten Kolbenstange an die Umgebung abgeführt.

[0012] Konventionelle Kolbenstangen bestehen jedoch aus beispielsweise Stahlwerkstoffen und weisen somit nur geringe Wärmeleitfähigkeiten (Stahl: 15-58 W/(m·K)) auf. Diese geringe Wärmeleitfähigkeit führt zwangsläufig zu einem starken Temperaturgefälle von dem Dichtungspackungsbereich (hohe Temperatur) zu dem von der Dichtungspackung entfernten Bereich (niedrige Temperatur).

[0013] Um jedoch eine verbesserte Kühlung der Kolbenstange zu ermöglichen sind aus dem Stand der Technik aktiv gekühlte Kolbenstangen bekannt.

[0014] So wird beispielsweise in der DE-PS 340 086 eine Kolbenstange für doppelt wirkende Verbrennungsmotoren offenbart, die eine zentrale Bohrung und eine Anzahl in der Nähe der Oberfläche der Stange liegender

Bohrungen aufweist, so dass die Oberfläche durch ein durch die Bohrungen strömendes Kühlmittel kühlbar ist.

[0015] Diese Vorrichtung hat jedoch den Nachteil, dass an der Kolbenstange Anschlüsse für das durchströmende Kühlmittel vorgesehen sein müssen. Desweiteren muss im laufenden Betrieb permanent eine Umwälzpumpe betrieben werden, die das Kühlmittel durch die Kolbenstange pumpt. Sowohl die Anschlüsse, als auch die Pumpe erhöhen den Kosten- und Wartungsaufwand solcher gekühlten Kolbenstangen. Desweiteren führt ein unbemerkter Ausfall der Umwälzpumpe zu einem sofortigen Anstieg der Temperatur der Kolbenstange und damit einhergehend zu einer Schädigung derselben. Somit muss die Funktionsfähigkeit der Umwälzpumpe im laufenden Betrieb permanent überwacht werden, was ebenfalls mit einem erhöhten Kosten- und Zeitaufwand verbunden ist.

[0016] Aus der DE 199 01 868 B4 ist eine Kolbenstange bekannt, die mindestens einen Kühlmittelzuführkanal und mindestens einen Kühlmittelabführkanal aufweist. Zusätzlich weist die Kolbenstange eine axiale Sackbohrung auf und der mindestens eine Kühlmittelzuführkanal und der mindestens eine Kühlmittelabführkanal sind jeweils seitlich zu dieser Sackbohrung angeordnet.

[0017] Ergänzend zu einer Kühlung durch die Kühlmittelkanäle erfolgt durch die Sackbohrung eine Gewichtsreduktion, so dass bei horizontalem Betrieb der Kolbenstange eine Reibungsminderung und damit Verschleißminderung erzielt werden soll.

[0018] Dadurch, dass die Kolbenstange der DE 199 01 868 B4 ebenfalls aktiv mittels Kühlmittel gekühlt wird, treten jedoch die gleichen Nachteile auf, wie sie im Zusammenhang mit der DE-PS 340 086 erläutert wurden.

[0019] Auch aus der CH 163 967 und der DE-PS 521 491 sind jeweils flüssigkeitsgekühlte Kolbenstangen bekannt, die zwar eine Temperaturverringerung der Kolbenstange bewirken, jedoch ebenfalls die gleichen Nachteile der DE-PS 340 086 aufweisen.

[0020] Somit ist es Aufgabe der Erfindung eine Kolbenstange für Kolbenkompressoren bereit zu stellen, die einen guten Wärmeabfluss von dem Dichtungspackungsbereich und damit eine zuverlässige Kühlung der Kolbenstangendichtung ermöglicht und gegenüber dem Stand der Technik einfacher herzustellen, robuster und wartungsunempfindlicher ist.

[0021] Gelöst wird diese Aufgabe mit einer Kolbenstange gemäß Patentanspruch 1 und einem Kolbenkompressor gemäß Patentanspruch 11. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden in den Unteransprüchen beansprucht.

[0022] Die erfindungsgemäße Kolbenstange für Kolbenkompressoren weist einen Grundkörper mit einem kolbenzugewandten Ende, einem kolbenabgewandten Ende und mindestens einen Hohlraum auf. Die Kolbenstange ist dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum mit einem Feststoff gefüllt ist, dessen spezifische Wärmeleitfähigkeit größer als die des Grundkörpers ist.

[0023] Unter dem kolbenzugewandten Ende des

Grundkörpers wird das Ende der Kolbenstange verstanden, welches beim Einbau in einen Kompressor den geringsten Abstand zu dem Kolben aufweist. Das kolbenabgewandte Ende stellt das dem kolbenzugewandten Ende gegenüberliegende Ende dar, welches über einen Verbindungsabschnitt insbesondere mit einem Kreuzkopf verbindbar ist.

[0024] Die Kolbenstange kann genau einen Hohlraum aufweisen, der mit Feststoff gefüllt ist. Es ist bevorzugt, mindestens zwei Hohlräume mit Feststoff vorzusehen.

[0025] Im Vergleich zu Kolbenstangen aus einem einzigen Material kann durch die Füllung des Hohlraums in dem Grundkörper mit einem Feststoff, welcher im Vergleich zu dem Grundkörper eine höhere spezifische Wärmeleitfähigkeit aufweist, die an der Kontaktstelle zwischen Kolbenstangendichtung und Kolbenstange entstehende Wärmeenergie deutlich schneller aus dem Dichtungspackungsbereich abgeführt werden. Der sich innerhalb der Kolbenstange ausbildende Temperaturgradient zwischen dem kolbenzugewandten Ende und dem kolbenabgewandten Ende ist somit im Vergleich zum Stand der Technik deutlich reduziert. Folglich weist das kolbenabgewandte Ende eine erhöhte Temperatur auf, so dass die Wärmeenergie schneller und effektiver durch Konvektion an die Umgebung abgegeben werden kann. Dies ermöglicht eine wesentlich effizientere Kühlung der Dichtringe der Kolbenstangendichtung gegenüber Kolbenstangen aus einem einzigen Material.

[0026] Im Vergleich zu den flüssiggeköhlten Kolbenstangen weisen die mit einem Feststoff gefüllten Kolbenstangen einen deutlich vereinfachten Aufbau auf. Zusätzliche Peripheriegeräte, wie beispielsweise eine Pumpe, sind nicht notwendig. Auch aufwändige Anschlusskonstruktionen für den Flüssigkeitstransport entfallen. Somit weisen die mit Feststoff gefüllten Kolbenstangen einen deutlich verminderten Produktions- und Wartungsaufwand und eine damit einhergehende Kostenreduktion bei gleichzeitiger guter Kühlung der Kolbenstange auf.

[0027] Die Kolbenstange weist deshalb vorzugsweise keine Hohlräume für die Durchleitung von Kühlflüssigkeiten oder Einbauten, wie z.B. Rohre, für die Durchleitung von Kühlflüssigkeiten auf. Auch weist die Kolbenstange gegebenenfalls mit der Ausnahme von Entlüftungsbohrungen vorzugsweise keine z.B. mit Luft gefüllte Kammern insbesondere zwischen dem Feststoff und dem Grundkörper auf, da solche Kammern die Wärmeleitfähigkeit der gesamten Kolbenstange beeinträchtigen würden.

[0028] Wenn die Kolbenstange keine Einbauten und/oder keine Kammern im Hohlraum aufweist, wird der mit dem Feststoff gefüllte Hohlraum vom Grundkörper begrenzt. Dies bedeutet, dass der Feststoff am Grundkörper anliegt, wodurch die abzuführende Wärmeenergie unmittelbar vom Feststoff aufgenommen und abgeleitet werden kann. Eine Ausnahme bilden z.B. Verschlussmittel für den Hohlraum, die z.B. in der Einfüllöffnung für den Feststoff angeordnet sind, sowie gegebe-

nenfalls vorgesehene Entlüftungsöffnungen, die am Hohlraum vorgesehen sind.

[0029] Durch die gute Kühlung der Kolbenstange und damit auch der Kontaktfläche wird die Ausbildung des Transferfilms durch tribochemische Prozesse zwischen den Dichtungsringen und der Kolbenstange günstig beeinflusst. Somit sinkt die Verschleißrate, wodurch die Lebensdauer der Dichtringe und damit des kompletten Kolbenkompressor verlängert wird.

[0030] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Kolbenstange ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Feststoffes $> 75 \text{ W/(m}\cdot\text{k)}$, besonders bevorzugt $> 100 \text{ W/(m}\cdot\text{k)}$ und insbesondere $> 200 \text{ W/(m}\cdot\text{k)}$.

[0031] Je größer die Wärmeleitfähigkeit des Feststoffes und/oder der Anteil des Feststoffes an der gesamten Kolbenstange ist, desto effektiver und schneller erfolgt der Wärmeenergietransport von dem Kolbenstangenbereich mit höherer Temperatur zu dem Bereich mit niedrigerer Temperatur. Somit können die Kolbenstangendichtungen bei großer Wärmeleitfähigkeit deutlich effektiver gekühlt werden. Es wird eine signifikant verbesserte Kühlung gegenüber Kolbenstangen erreicht, die aus lediglich einem homogenen Grundkörper bestehen.

[0032] Eine vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass der Feststoff aus wenigstens einem Material ausgewählt aus der Gruppe Kupfer, Kupferlegierung, Aluminium, Aluminiumlegierung, Silber und Silberlegierung besteht. Der Feststoff kann aus einem der genannten Materialien oder aber auch aus einer Mischung der Materialien bestehen.

[0033] Sowohl Kupfer, Aluminium, Silber, als auch deren Legierungen sind jeweils durch hohe Wärmeleitfähigkeiten gekennzeichnet. So besitzt Kupfer beispielsweise eine Wärmeleitzahl von $400 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, Aluminium von $235 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und Silber von $430 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Aufgrund der relativ hohen Wärmeleitzahl und des günstigen Materialpreises wird insbesondere Kupfer oder eine Kupferlegierung als Feststoff bevorzugt.

[0034] Außer den guten Wärmeleitfähigkeiten zeichnen sich Kupfer, Aluminium oder Silber und deren Legierungen auch durch eine gute Verarbeitbarkeit aus. Somit lässt sich der Grundkörper schnell, effektiv und kostengünstig mit den jeweiligen Feststoffen füllen.

[0035] In einer ebenfalls vorteilhaften Ausführungsform der Kolbenstange weist der Grundkörper mindestens einen Hohlraum auf, der mit dem Feststoff, vorzugsweise vollständig, gefüllt ist. Der Grundkörper kann vorab unabhängig von dem Feststoff hergestellt und anschließend mit dem gewünschten Feststoff befüllt werden. Die thermischen Eigenschaften lassen sich somit an unterschiedliche Anforderungsprofile der Kolbenstange anpassen.

[0036] Für die Befüllung des Hohlraums wird der Feststoff vorzugsweise aufgeschmolzen und im flüssigen Zustand in den Hohlraum gegossen. Alternativ kann der Feststoff auch direkt in den Hohlraum gepresst werden. Weiterhin ist ein Hohlraum vorteilhaft, der sich von dem kolbenzugewandten Ende wenigstens teilweise bis zu

dem kolbenabgewandten Ende des Grundkörpers erstreckt.

[0037] Bei einer in einem Kolbenkompressor eingebauten Kolbenstange liegt das kolbenzugewandte Ende näher an der Kolbenstangendichtung als das kolbenabgewandte Ende. Es ist deshalb von Vorteil, wenn der Hohlraum mit dem Feststoff auch an diesem Ende der Kolbenstange beginnt und sich von dort in Richtung des kolbenabgewandten Endes erstreckt, wobei sich der Hohlraum nicht vollständig bis zu diesem Ende erstrecken muss. Die Wärmeenergie kann von dem Dichtungs- packungsbereich umso weiter abgeleitet werden, je länger dieser Hohlraum ist, was wiederum den Kühlprozess verbessert. Es ist deshalb vorteilhaft, wenn gilt: $L_H \geq 0,3 \cdot L_G$, insbesondere $L_H \geq 0,5 \cdot L_G$, wobei L_H die Länge des Hohlraums und L_G die Länge des Grundkörpers bezeichnet. Vorzugsweise ist $L_H \geq 0,6 \cdot L_G$ und insbesondere bevorzugt ist $L_H \geq 0,75 \cdot L_G$.

[0038] Vorzugsweise ist der Hohlraum über die gesamte Länge L_H mit dem Feststoff gefüllt. In diesem Fall gilt $L_H = L_F$, wobei L_F die Länge des mit Feststoff gefüllten Hohlraumabschnitts bezeichnet. Vorzugsweise ist $L_F \geq 0,3 \cdot L_G$, insbesondere $L_F \geq 0,5 \cdot L_G$. Vorzugsweise ist $L_F \geq 0,6 \cdot L_G$ und insbesondere bevorzugt ist $L_F \geq 0,75 \cdot L_G$.

[0039] Vorzugsweise erstreckt sich die Länge L_F des mit Feststoff gefüllten Hohlraumabschnitts mindestens über die Länge des Kontaktabschnitts der Kolbenstange, der bei der Hin- und Her-Bewegung der Kolbenstange von der Kolbenstangendichtung kontaktiert wird.

[0040] Vorzugsweise beträgt das Volumen des Hohlraums und damit das Volumen des Feststoffs bei vollständiger Füllung des Hohlraums mindestens 25 %, besonders bevorzugt mindestens 50 % des Volumens der gesamten Kolbenstange. Vorzugsweise beträgt das Volumen des Feststoffs mindestens 10 %, bevorzugt mindestens 25 %, insbesondere mindestens 50 % des Volumens der gesamten Kolbenstange. Je mehr Feststoff im Grundkörper enthalten ist, desto schneller wird die Wärme abgeleitet.

[0041] Der Hohlraum ist in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ein zylindrischer Hohlraum, für dessen Radius R_H vorzugsweise gilt: $R_H \leq 0,5 \cdot R_G$, wobei R_G der Radius des Grundkörpers der Kolbenstange ist. Diese Beziehung der Radien gilt für Grundkörper mit kreisförmigem Querschnitt. Vorzugsweise erstreckt sich der zylindrische Hohlraum oder erstrecken sich die zylindrischen Hohlräume parallel zur Längsachse der Kolbenstange. Andere Querschnitte von Hohlraum und Grundkörper sind ebenfalls möglich.

[0042] Kolbenstangen für Kolbenkompressoren weisen in der Regel einen runden Querschnitt auf. Dieser Querschnitt ermöglicht eine optimale Kraft- und Lastverteilung innerhalb der Kolbenstange. Ein zylindrischer Hohlraum innerhalb dieser Kolbenstange hat auf diese Lastverteilungen keinen wesentlichen Einfluss, so dass die mechanische Stabilität der Kolbenstange durch den Hohlraum nur geringfügig beeinträchtigt wird. Des Weiteren ist ein zylindrischer Hohlraum in der Kolbenstange

leicht durch beispielsweise eine Bohrung realisierbar. Eine vorteilhafte Ausführungsform sieht daher vor, dass der Hohlraum eine Sacklochbohrung ist.

[0043] Die Sacklochbohrung wird vorzugsweise von dem kolbenzugewandten Ende in die Kolbenstange eingebracht. Die Bohrung endet vor dem kolbenabgewandten Ende, so dass lediglich eine Eintrittsöffnung in den Hohlraum, jedoch keine Austrittsöffnung gebildet wird. Ein Hohlraum, der durch eine Sacklochbohrung gebildet wird, lässt sich zum einen schnell und kostengünstig herstellen, zum anderen kann dieser Hohlraum auch einfach mit dem Feststoff befüllt werden.

[0044] Der Hohlraum der Kolbenstange ist in einer ebenfalls vorteilhaften Ausführungsform an dem kolbenzugewandten Ende mittels eines Anschlusszapfens für den Kolben verschließbar. Für diese Verschließbarkeit ist beispielsweise in oder an dem kolbenzugewandten Ende ein Gewinde eingeschnitten, so dass der Anschlusszapfen in die Kolbenstange ein- oder angeschraubt werden kann. Diese Ausführungsform ermöglicht eine schnelle Montage der Kolbenstange an dem Kolben. Außerdem wird durch den Verschluss des Hohlraums der Feststoff vor äußeren Umwelteinflüssen geschützt. Insbesondere wird eine durch die hohen Temperaturen begünstigte Oxidation verhindert. Dies hätte möglicherweise negative Auswirkungen auf beispielsweise die Wärmeleitfähigkeit des Feststoffs.

[0045] Wenn der Grundkörper der Kolbenstange einen Hohlraum, beispielsweise in Form einer Sacklochbohrung aufweist, ist dieser Hohlraum vorzugsweise in der Längsachse der Kolbenstange vorgesehen.

[0046] Weist der Grundkörper der Kolbenstange zwei oder mehr Hohlräume auf, die jeweils mit einem Feststoff gefüllt sind, so können diese Hohlräume mit demselben oder mit unterschiedlichem Feststoff gefüllt sein. Die Hohlräume erstrecken sich vorzugsweise parallel zueinander und/oder parallel zur Längsachse der Kolbenstange durch den Grundkörper. Die Hohlräume sind vorzugsweise auf einem Kreis um die Längsachse des Grundkörpers, vorzugsweise gleichmäßig verteilt angeordnet.

[0047] Zwei oder mehr Hohlräume innerhalb des Grundkörpers haben den Vorteil, dass diese näher an der Oberfläche der Kolbenstange angeordnet werden können, ohne die Stabilität der Kolbenstange negativ zu beeinflussen. Je näher der Feststoff mit dessen hoher Wärmeleitfähigkeit an der Oberfläche der Kolbenstange angeordnet ist, desto effektiver kann die Wärmeenergie aus den temperaturbelasteten Bereichen abgeführt werden. Die Hohlräume können zylindrisch ausgebildet sein und nebeneinander angeordnet sein. Es ist auch möglich, ringförmige Hohlräume vorzusehen, die konzentrisch angeordnet sind. Konzentrische Hohlräume können auch mit einem zylindrischen Hohlraum in der Längsachse der Kolbenstange kombiniert sein.

[0048] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Kolbenstange weist der Grundkörper wenigstens eine Entlüftungsöffnung auf. Diese wenigstens eine Entlüftungsöffnung ist vorzugsweise als Entlüftungsboh-

rung ausgebildet und erstreckt sich vorzugsweise von dem kolbenabgewandten Ende des Hohlraumes vollständig durch den Grundkörper der Kolbenstange nach außen. Die Entlüftungsbohrung kann parallel oder auch senkrecht zu dem Hohlraum und/oder zur Längsachse der Kolbenstange angeordnet sein. Durch diese wenigstens eine Entlüftungsöffnung steht der Hohlraum mit der Umgebung der Kolbenstange in Verbindung, so dass die im Hohlraum befindliche Luft beim Einfüllvorgang des Feststoffes austreten kann. Der Einfüllvorgang wird dadurch erleichtert.

[0049] Weist die Kolbenstange zwei oder mehr Hohlräume auf, so ist vorzugsweise an jedem Hohlraum eine Entlüftungsöffnung angeordnet.

[0050] Eine Entlüftungsöffnung bietet den weiteren Vorteil, dass die Gefahr von Lufteinschlüssen während des Befüllvorgangs des wenigstens einen Hohlraums mit dem Feststoff stark verringert wird. Folglich wird der Befüllvorgang des Hohlraums vereinfacht, was wiederum eine verkürzte und kostengünstigere Herstellung der Kolbenstange ermöglicht.

[0051] Außer einer Kolbenstange betrifft die Erfindung einen Kolbenkompressor mit einem Kolben und einem Kolbenzylinder, der eine ungeschmierte Kolbenstangen- dichtung aufweist. Dieser Kolbenkompressor ist dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben mit einer Kolbenstange gemäß Anspruch 1 verbunden ist.

[0052] Im Betrieb des Kolbenkompressors kontaktiert die Kolbenstangendichtung aufgrund der Hin- und Herbewegung der Kolbenstange einen Kontaktabschnitt an der Kolbenstange. Vorzugsweise erstreckt sich ein mit Feststoff gefüllter Hohlraumabschnitt mindestens über den Kontaktabschnitt.

[0053] Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kolbenkompressors im Schnitt mit einem Hohlraum im Grundkörper der Kolbenstange,

Figur 2a eine schematische Darstellung der Kolbenstange mit einem Hohlraum im Schnitt,

Figur 2b eine schematische Darstellung der Kolbenstange im Schnitt mit einem Hohlraum und Entlüftungsöffnungen

Figur 3 eine Querschnittsdarstellung der Kolbenstange mit einem Hohlraum,

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Kolbenkompressors im Schnitt mit zwei Hohlräumen im Grundkörper der Kolbenstange und

Figur 5 eine schematische Darstellung der Kolbenstange mit zwei Hohlräumen im Schnitt.

Figur 6 eine Querschnittsdarstellung der Kolbenstange mit zwei Hohlräumen

[0054] Die Figur 1 zeigt eine Schnittdarstellung eines Kolbenkompressors 10. Der Kolbenkompressor 10 weist einen Zylinder 11 auf, der an einem ersten Ende 11a geschlossen ist und an einem zweiten Ende 11b eine Öffnung 18 für die Durchführung einer Kolbenstange 20 aufweist.

[0055] Im Innenraum des Zylinders 11 ist ein Kolben 12 in Richtung der Längsachse L des Kompressors 10 beweglich angeordnet. Der Kolben 12 weist Kolbendichtungen 17 und einen Anschlusszapfen 15 auf, der den Kolben 12 mit der Kolbenstange 20 verbindet. Der Anschlusszapfen 15 erstreckt sich durch den Kolben 12 und ist mit einem ersten Ende 15a mit dem Kolben 12 verbunden. Mit einem zweiten Ende 15b ist der Anschlusszapfen 15 an der Kolbenstange 20 befestigt.

[0056] Die Kolbenstange 20 weist ein kolbenzugewandtes Ende 20a und ein kolbenabgewandtes Ende 20b auf, wobei das kolbenzugewandte Ende 20a mit dem Anschlusszapfen 15 verbunden ist. Die Kolbenstange 20 weist einen Grundkörper 21 aus einem Stahlwerkstoff mit einem Verbindungsabschnitt 22 auf, an dem ein Kreuzkopf (nicht dargestellt) befestigt werden kann. Der Grundkörper 21 ist teilweise mit einem Feststoff 26 gefüllt, der eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist als das Material des Grundkörpers 21. Hierzu weist die Kolbenstange 20 einen Hohlraum 24 auf, der als Sacklochbohrung 23 ausgebildet ist und der mit dem Feststoff 26 gefüllt ist.

[0057] Der Grundkörper 21 der Kolbenstange 20 erstreckt sich durch eine am zweiten Ende 11 b des Zylinders 11 angeordnete Kolbenstangendichtung 13, die mehrere Dichtkammern 13a-f mit Dichtringen 14, die zum Beispiel aus PTFE bestehen, aufweist. Es handelt sich um eine ungeschmierte Kolbenstangendichtung 13, bei der sich im Betrieb zwischen den Dichtringen 14 und dem Grundkörper 21 der Kolbenstange 20 der eingangs erläuterte Transferfilm ausbildet.

[0058] In der in Figur 1 gezeigten Darstellung erstreckt sich die Feststofffüllung vom kolbenzugewandten Ende 20a bis zum Verbindungsabschnitt 22, so dass nicht nur der Kontaktabschnitt 28 der Kolbenstange 20, der bei der Hin- und Herbewegung der Kolbenstange von der Kolbenstangendichtung 13 kontaktiert wird, sondern auch der freiliegende Bereich der Kolbenstange 20 zwischen dem Kontaktabschnitt 28 und dem Verbindungsabschnitt 22 mit Feststoff, wie beispielsweise Kupfer oder einer Kupferlegierung gefüllt ist. Die im Kontaktabschnitt 28 durch Reibung erzeugte Wärme wird mittels des Feststoffes auf einfache Weise aus dem Kontaktabschnitt 28 in den freiliegenden Bereich abgeführt, wo die Wärme an die Umgebung abgegeben wird.

[0059] In der Figur 2a ist die in der Figur 1 enthaltene Kolbenstange 20, die eine Länge L_G aufweist, mit dem Anschlusszapfen 15 im Schnitt vergrößert dargestellt.

[0060] Im Grundkörper der Kolbenstange 20 befindet

sich die Sacklochbohrung 23, die in der Längsachse L der Kolbenstange 20 liegt und die vom kolbenzugewandten Ende 20a in den Grundkörper 21 der Kolbenstange 20 eingebracht worden ist. Die Sacklochbohrung 23 weist die Länge L_H auf und erstreckt sich bis vor den Verbindungsabschnitt 22. Mit L_F wird die Länge des mit Feststoff 26 gefüllten Hohlraumabschnitts 24' bezeichnet. Sowohl L_H als auch L_F sind $\geq 0,5 \cdot L_G$. Die Länge L_F des mit Feststoff gefüllten Hohlraumabschnitts 24' erstreckt sich beidseitig über den in Figur 1 eingezeichneten Kontaktabschnitt 28 hinaus. L_F erstreckt sich somit mindestens über die Länge des Kontaktabschnitts 28. Es ist auch möglich, dass sich die Sacklochbohrung 23 bis in den Verbindungsabschnitt 22 erstreckt.

[0061] Durch die am kolbenzugewandten Ende 20a befindliche Hohlraumöffnung 27 wird der Feststoff 26 in den durch die Sacklochbohrung 23 gebildeten Hohlraum 24 eingebracht. Nach dem Befüllen mit Feststoff 26 wird die Hohlraumöffnung 27 mittels des Anschlusszapfens 15 verschlossen. Der Hohlraum 24 ist bis auf den Bereich, wo der Anschlusszapfen 15 angeordnet ist, vollständig mit dem Feststoff 26 gefüllt. Zur Befestigung des Anschlusszapfens 15 ist an der Innenseite des Grundkörpers 21 der Kolbenstange 20 an deren kolbenzugewandten Ende 20a ein Innengewinde 25 und an der Außenseite des zweiten Endes 15b des Anschlusszapfens 15 ein zu dem Innengewinde 25 entsprechendes Außengewinde 16 vorgesehen. Durch diese Schraubverbindung lassen sich die Kolbenstange 20 und der Anschlusszapfen 15 lösbar miteinander verbinden.

[0062] In der Figur 2b ist eine Kolbenstange 20 dargestellt, die zusätzlich zu dem bereits in Figur 2a beschriebenen Hohlraum 24 der Kolbenstange 20 eine Entlüftungsöffnung 29a aufweist. Diese Entlüftungsöffnung 29a ist als Entlüftungsbohrung ausgebildet und erleichtert das Befüllen des Hohlraums 24 mit dem Feststoff 26, da durch diese Entlüftungsbohrung die überschüssige Luft aus dem Hohlraum 24 entweichen kann. Vorzugsweise erstreckt sich die Entlüftungsbohrung parallel zur Längsachse L und insbesondere auf der Längsachse L von dem Ende des Hohlraums 24 zum kolbenabgewandten Ende 20b der Kolbenstange 20. In der hier gezeigten Darstellung befindet sich auch in der Entlüftungsbohrung der Feststoff 26.

[0063] In der Figur 3 ist ein Schnitt längs der Linie A-A durch die in Figur 2a gezeigte Kolbenstange 20 dargestellt, die einen zylindrischen Grundkörper 21 aufweist. Mit R_{H1} wird der Radius der Sacklochbohrung 23 und somit der Radius des Hohlraums 24 bezeichnet. R_G ist der Radius des zylindrischen Grundkörpers 21, wobei $R_{H1} > 0,5 \cdot R_G$ beträgt.

[0064] Der Grundkörper 21 kann auch andere Querschnitte wie z. B. rechteckig oder oval aufweisen. Auch können mehrere Sacklochbohrungen 23 in den Grundkörper 21 eingebracht werden, die mit Feststoff 26 gefüllt werden.

[0065] In der Figur 4 ist wie in der Figur 1 ein Kolbenkompressor 10 dargestellt. Im Unterschied zu der Figur

1 weist die Kolbenstange 20 der Figur 4 zwei Hohlräume 24 auf, die jeweils mit einem Feststoff 26 gefüllt sind. Desweiteren ist jeweils an dem kolbenabgewandten Ende der Hohlräume 24 eine Entlüftungsöffnung 29b angeordnet. Diese Entlüftungsöffnungen 29b verlaufen vorzugsweise senkrecht zu der Längsachse L durch den Grundkörper 21 der Kolbenstange 20.

[0066] Sämtlich andere Merkmale sind identisch zu Figur 1, so dass an dieser Stelle auf die Beschreibung der Figur 1 verwiesen sein soll.

[0067] In der Figur 5 ist die Kolbenstange 20, die eine Länge L_G aufweist, mit dem Anschlusszapfen 15 im Schnitt, ähnlich zu Figur 2, dargestellt.

[0068] Im Gegensatz zu der Kolbenstange 20 aus Figur 2 befinden sich im Grundkörper der Kolbenstange 20 der Figur 5 zwei Hohlräume 24 in Form von Sacklochbohrungen 23, die vom kolbenzugewandten Ende 20a in den Grundkörper 21 der Kolbenstange 20 eingebracht worden sind. Die Sacklochbohrungen 23 weisen jeweils die Länge L_H auf und erstrecken sich parallel zueinander bis vor den Verbindungsabschnitt 22. Der mit Feststoff gefüllte Hohlraumabschnitt 24' des Hohlraums 24 weist eine Länge L_F auf. Es ist auch möglich, dass sich die Sacklochbohrungen 23 bis in den Verbindungsabschnitt 22 erstrecken. Zudem können die Längen der zwei Sacklochbohrungen 23 gleich oder auch unterschiedlich sein. An den kolbenabgewandten Enden der Hohlräume 24 ist jeweils wenigstens eine Entlüftungsöffnung 29b in Gestalt einer Entlüftungsbohrung angeordnet. Diese erstrecken sich, wie bereits im Zusammenhang mit der Figur 4 erläutert worden ist, vorzugsweise von dem Hohlraum 24 senkrecht zu der Längsachse L vollständig durch den Grundkörper 21 der Kolbenstange 20. Die Entlüftungsbohrungen enthalten keinen Feststoff 26.

[0069] Durch die am kolbenzugewandten Ende 20a befindliche Hohlraumöffnung 27 wird der Feststoff 26 in die durch die Sacklochbohrungen 23 gebildeten Hohlräume 24 eingebracht. Durch die Entlüftungsöffnungen 29b kann die überschüssige Luft aus den Hohlräumen 24 entweichen. Dabei kann jeder Hohlraum 24 mit dem gleichen aber auch mit unterschiedlichem Feststoff 26 befüllt werden. Nach dem Befüllen mit Feststoff 26 wird die Hohlraumöffnung 27 mittels des Anschlusszapfens 15 verschlossen. Zu diesem Zweck ist an der Innenseite des Grundkörpers 21 der Kolbenstange 20 an deren kolbenzugewandten Ende 20a ebenfalls ein Innengewinde 25 und an der Außenseite des zweiten Endes 15b des Anschlusszapfens 15 ein zu dem Innengewinde 25 entsprechendes Außengewinde 16 vorgesehen. Durch diese Schraubverbindung lassen sich die Kolbenstange 20 und der Anschlusszapfen 15 lösbar miteinander verbinden.

[0070] In der Figur 6 ist ein Schnitt längs der Linie B-B durch die in Figur 5 gezeigte Kolbenstange 20 dargestellt, die einen zylindrischen Grundkörper 21 aufweist. Die beiden Hohlräume 24 sind außermittig und nahe der Oberfläche des Grundkörpers 21 angeordnet. Mit R_{H2} wird jeweils der Radius der Hohlräume 24 und somit der

Radius der Sacklochbohrungen 23 bezeichnet. Dieser Radius kann für jede Sacklochbohrung 23 identisch oder unterschiedlich sein. R_G ist der Radius des zylindrischen Grundkörpers 21, wobei für den Fall, dass die Radien R_{H2} der Sacklochbohrungen 23 gleich sind gilt: $2 \cdot R_{H2} > 0,5 \cdot R_G$.

[0071] Weisen die Sacklochbohrungen 23 jedoch unterschiedliche Radien R_{H2} auf, so gilt vorzugsweise: die Summe der Radien $R_{H2} > 0,5 \cdot R_G$.

[0072] Der Grundkörper 21 kann auch andere Querschnitte wie z. B. rechteckig oder oval aufweisen.

Bezugszeichenliste

15	[0073]	
10	Kolbenkompressor	
11a	erstes Zylinderende	
11b	zweites Zylinderende	
20	Zylinder des Kolbenkompressors	
12	Kolben	
13	Kolbenstangendichtung	
13a-13f	Dichtungskammer	
14	Dichtungsring	
25	Anschlusszapfen	
15a	erstes Anschlusszapfenende	
15b	zweites Anschlusszapfenende	
16	Außengewinde des Anschlusszapfens	
17	Kolbendichtung	
30	Öffnung	
20	Kolbenstange	
20a	kolbenzugewandtes Ende	
20b	kolbenabgewandtes Ende	
35	Grundkörper der Kolbenstange	
22	Verbindungsabschnitt	
23	Sacklochbohrung	
24	Hohlraum	
24'	mit Feststoff gefüllter Hohlraumabschnitt	
40	Innengewinde	
26	Feststoff	
27	Hohlraumöffnung	
28	Kontaktabschnitt	
29a	Entlüftungsloch	
45	29b	Entlüftungsloch
L	Längsachse	
A-A	Schnittebene durch die Kolbenstange	
B-B	Schnittebene durch die Kolbenstange	
50	L_G	Länge des Grundkörpers
	L_H	Länge des Hohlraums
	L_F	Länge des mit Feststoff gefüllten Hohlraumabschnitts
	R_G	Radius des Grundkörpers
55	R_{H1}	Radius des Hohlraums
	R_{H2}	Radius des Hohlraums

Patentansprüche

1. Kolbenstange (20) für Kolbenkompressoren, wobei die Kolbenstange (20) einen Grundkörper (21) mit einem kolbenzugewandten Ende (20a) und einem kolbenabgewandten Ende (20b) aufweist, wobei der Grundkörper (21) mindestens einen Hohlraum (24) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (24) mit einem Feststoff (26) gefüllt ist, dessen spezifische Wärmeleitfähigkeit größer als die des Materials des Grundkörpers (21) ist. 5
2. Kolbenstange (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Feststoffs (26) $> 75 \text{ W/(m}\cdot\text{k)}$ ist. 10
3. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feststoff (26) aus wenigstens einem Material ausgewählt aus der Gruppe Kupfer, Kupferlegierung, Aluminium, Aluminiumlegierung, Silber und Silberlegierung besteht. 20
4. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der mit Feststoff (26) gefüllte Hohlraum (24) von dem kolbenzugewandten Ende (20a) wenigstens teilweise bis zu dem kolbenabgewandten Ende (20b) des Grundkörpers (21) erstreckt. 25 30
5. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der mit Feststoff gefüllte Hohlraum (24) von dem kolbenzugewandten Ende (20a) mit einer Länge L_H in Richtung des kolbenabgewandten Endes (20b) erstreckt, wobei gilt: $L_H \geq 0,5 \cdot L_G$, wobei L_G die Länge des Grundkörpers (21) ist. 35 40
6. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen des Hohlraums (24) mindestens 25 % des gesamten Volumens der Kolbenstange (20) beträgt. 45
7. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen des Feststoffs (26) mindestens 10 % des gesamten Volumens der Kolbenstange (20) beträgt. 50
8. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum (24) eine Sacklochbohrung (23) ist. 55
9. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum (24) an dem kolbenzugewandten Ende (20a) mittels eines Anschlusszapfens (15) für einen Kolben (12)

verschließbar ist.

10. Kolbenstange (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper (21) mindestens eine Entlüftungsöffnung (29a, b) aufweist.
11. Kolbenkompressor (10) mit einem Kolben (12) und einem Kolbenzylinder (11), der eine ungeschmierte Kolbenstangendichtung (13) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (12) mit einer Kolbenstange (20) gemäß Anspruch 1 verbunden ist.
12. Kolbenkompressor nach Anspruch 11 mit einer Kolbenstangendichtung (13), die im Betrieb des Kolbenkompressors an der Kolbenstange (20) einen Kontaktabschnitt (28) kontaktiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich ein mit Feststoff gefüllter Hohlraumabschnitt (24') des Hohlraums (24) mindestens über den Kontaktabschnitt (28) erstreckt.

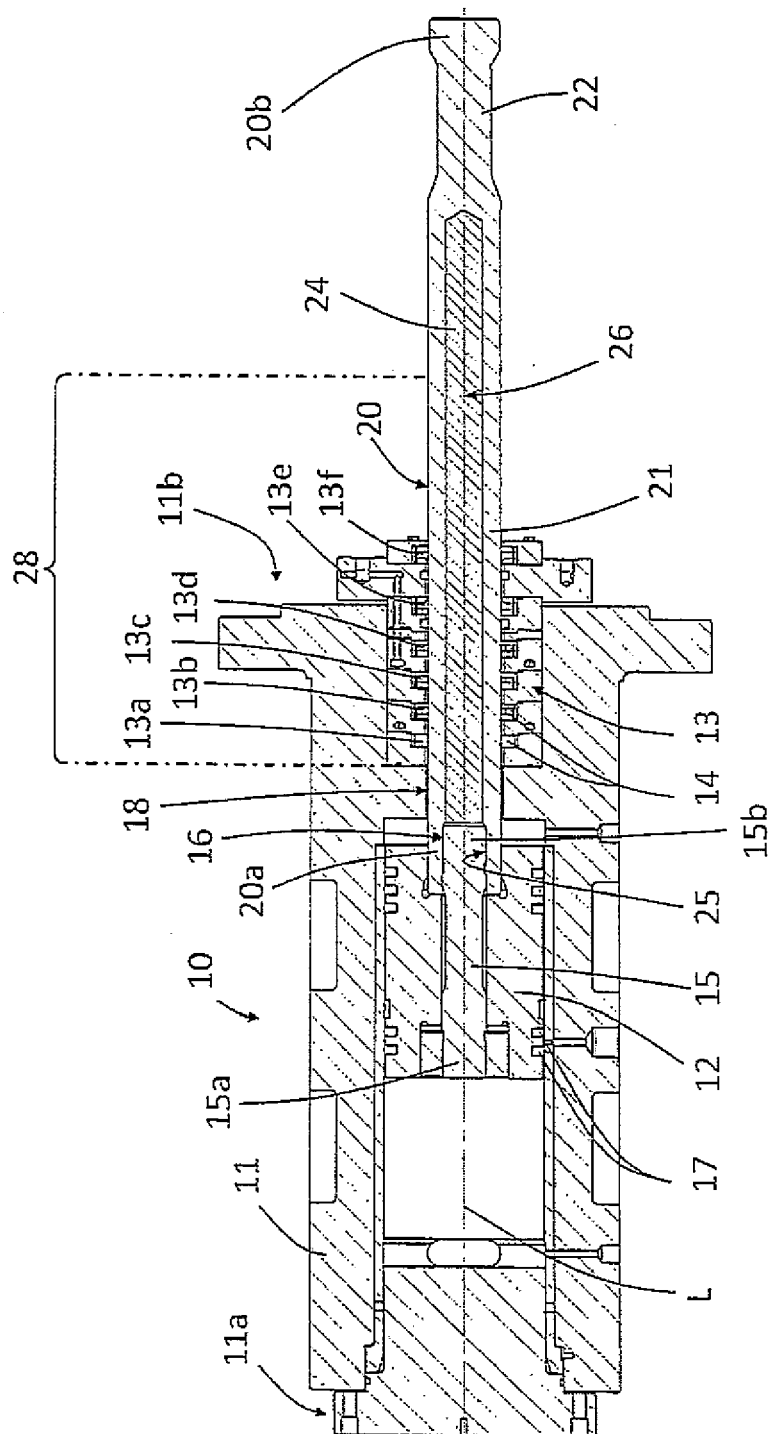
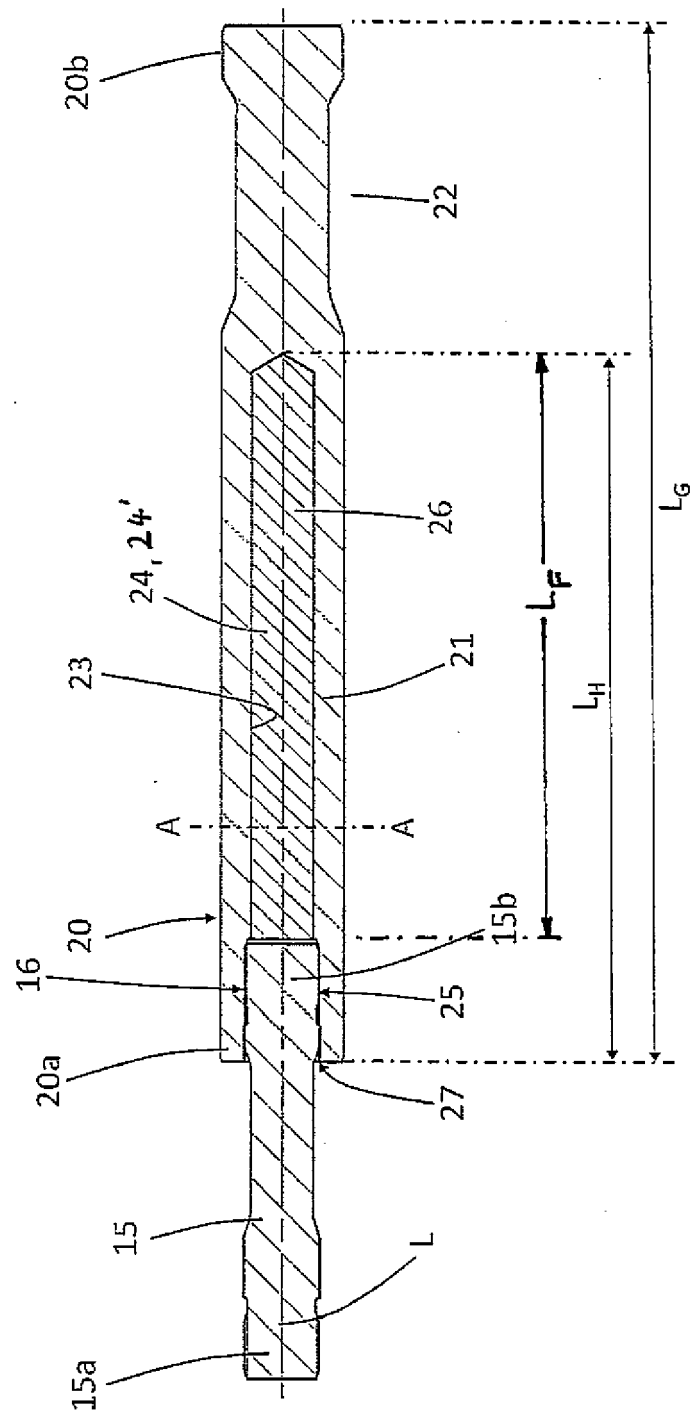
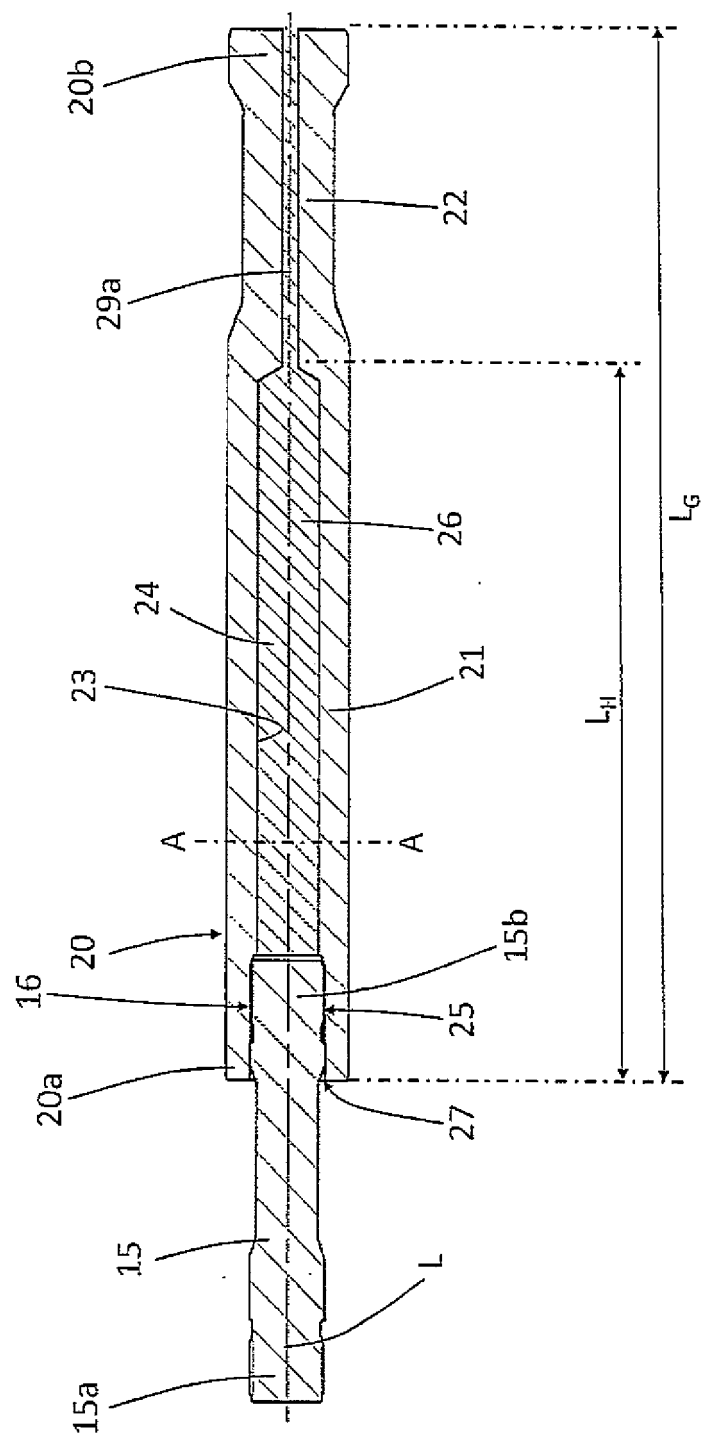


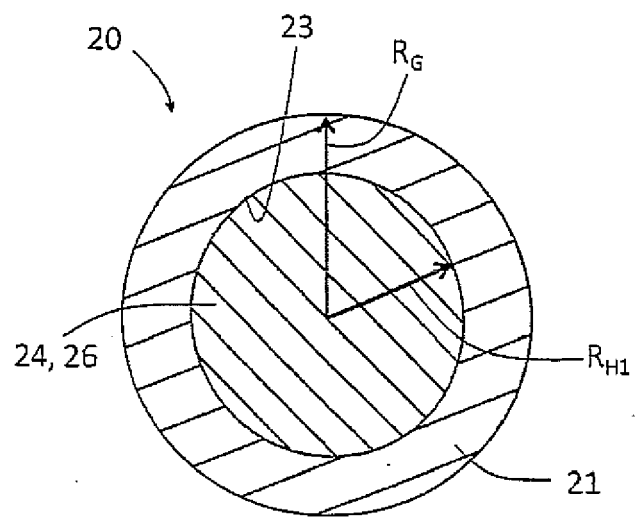
Figure 1



Figur 2a



Figur 2b



Figur 3

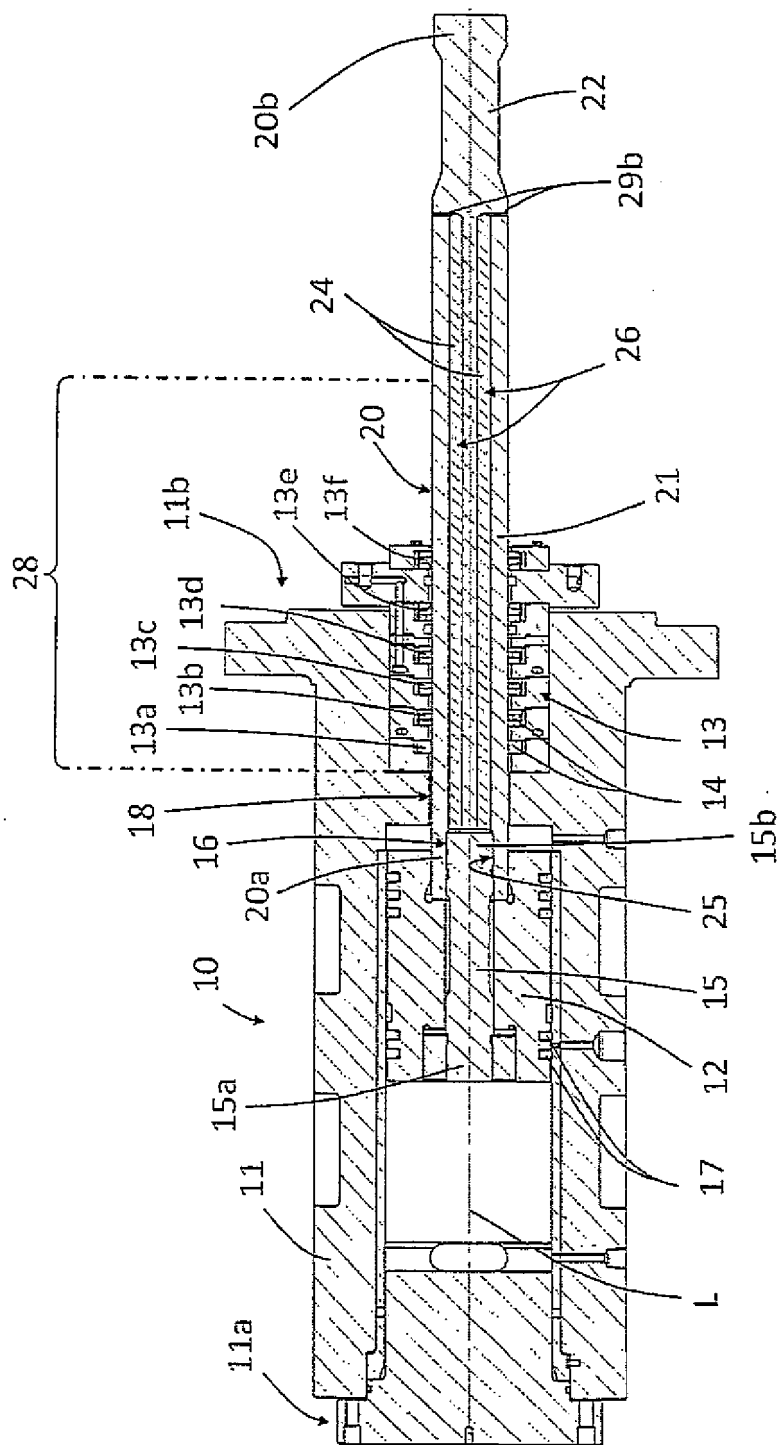


Figure 4

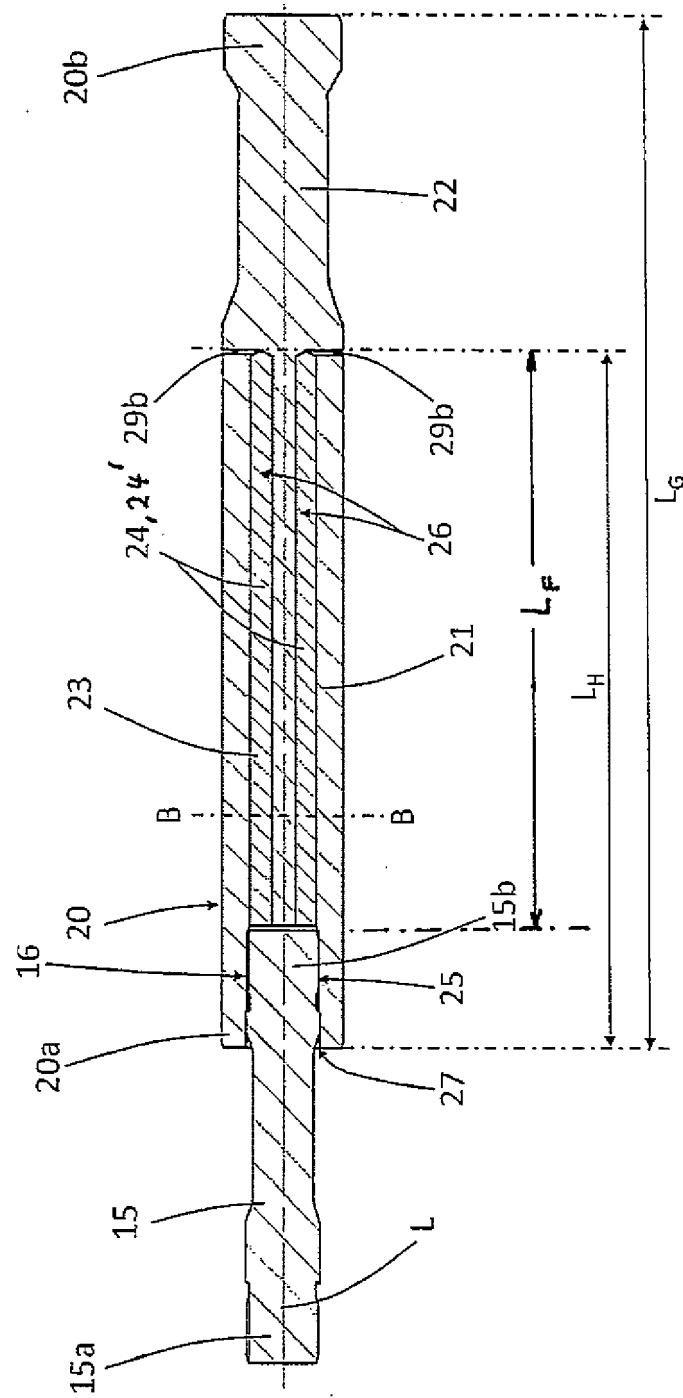
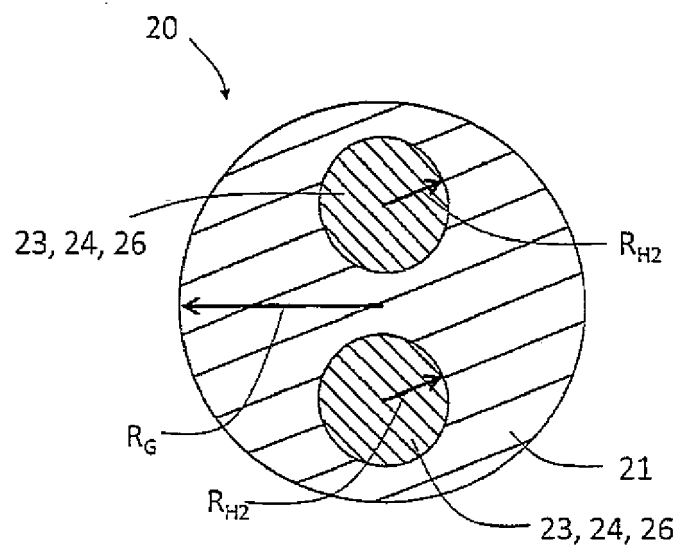


Figure 5



Figur 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006015327 B9 [0005]
- DE PS340086 C [0014] [0018] [0019]
- DE 19901868 B4 [0016] [0018]
- CH 163967 [0019]
- DE PS521491 C [0019]